

## Taburan Pb, Cr dan Cu di dalam Bijih Besi Primer dan Sekunder di Ladang Toh Pawang, Kedah

(The Distribution of Pb, Cr and Cu in the Primary and Secondary Iron Ore in Ladang Toh Pawang, Kedah)

HABIBAH HJ. JAMIL, WAN FUAD WAN HASSAN & MOHAMAD MD TAN

### ABSTRAK

*Terdapat dua jenis permineralan bijih besi di kawasan Ladang Toh Pawang, Kedah iaitu bijih besi primer dan sekunder. Kepekatan Pb dan Cr yang amat rendah ditemui dalam bijih besi primer (bdl) manakala Cu ditemui sebagai bendasing (60-93 µg/g). Kepekatan Cr dan Cu meningkat di persentuhan antara jasad rejahan bijih besi dengan batuan sekitar. Kepekatan masing-masing ialah sebanyak 27-30 µg/g and 242-294 µg/g. Pengayaan logam-logam tersebut disebabkan oleh penggantian metasomatik apabila magma likat yang panas berinteraksi dengan batuan syal Formasi Mahang yang kaya besi. Secara umum, kepekatan Pb dan Cr dalam bijih besi sekunder lebih tinggi berbanding dengan permineralan bijih besi primer yang mana masing-masing berjangka 3-7 µg/g and 121-151 µg/g. Kepekatan Cu di dalam bijih besi primer dan sekunder hampir sama. Taburan Pb, Cr dan Cu di dalam bijih besi sekunder berpunca daripada luluhawa batuan syal Formasi Mahang yang kaya besi. Ketika proses permukaan berlaku, logam-logam berat tersebut telah dijerap daripada air bawah tanah lalu turut terendap bersama-sama dengan bijih besi sekunder.*

**Kata kunci:** Bijih besi; Pb; Cr; Cu

### ABSTRACT

*There are two types of iron ore mineralization in Ladang Toh Pawang area, Kedah i.e. the primary and secondary ore. Very low concentrations of Pb and Cr are found in the primary ore (bdl) whereas Cu is found as impurity (60-93 µg/g). The concentrations of Cr and Cu increased at the contact between the intruding iron ore body and the country rocks. Their concentrations are 27-30 µg/g and 242-294 µg/g respectively. Enrichment of these metals is caused by the metasomatic replacement when the hot molten magma interacted with the ferruginous shales of Mahang Formation. Generally, the concentrations of Pb and Cr in the secondary iron ore are higher compared to the primary iron ore mineralization which ranges 3-7 µg/g and 121-151 µg/g respectively. The concentrations of Cu in primary and secondary iron ore are quite similar. Distribution of Pb, Cr and Cu in the secondary iron ore originated from the weathered ferruginous shales of Mahang Formation. During surface processes, these metals were scavenged from ground waters and thus co-precipitated with the secondary iron ores.*

**Keywords:** Iron ore; Pb; Cr; Cu

### PENGENALAN

Bijih besi di Ladang Toh Pawang merupakan salah satu sumber bijih besi yang utama di Kedah. Pemineralannya terbahagi kepada dua jenis iaitu bijih besi primer dan bijih besi sekunder. Bijih besi primer terbentuk hasil daripada penggantian metasomatik apabila jasad igneus merejah batuan sekitar manakala bijih besi sekunder terhasil akibat proses luluhawa batuan syal Formasi Mahang yang kaya besi di kawasan tersebut (Bean 1969; Burton 1988).

Cerapan di lapangan mendapati pemineralan bijih besi primer terdiri daripada rejahan magma kaya besi ke dalam batuan syal Formasi Mahang. Saiz rejahan berjangka 2 – 10 meter lebar (Rajah 1). Pada bahagian tengah jasad rejahan yang masif, hablur magnetit dapat dilihat dengan jelas. Hablurnya bersaiz kasar iaitu 1-2 mm dan berbentuk euhedron. Terdapat pemendakan besi sekunder berbentuk gugusan dan berjejari di sekitar rejahan bijih besi tersebut. Sebahagian lagi kelihatan hancur dan terkimpal. Struktur

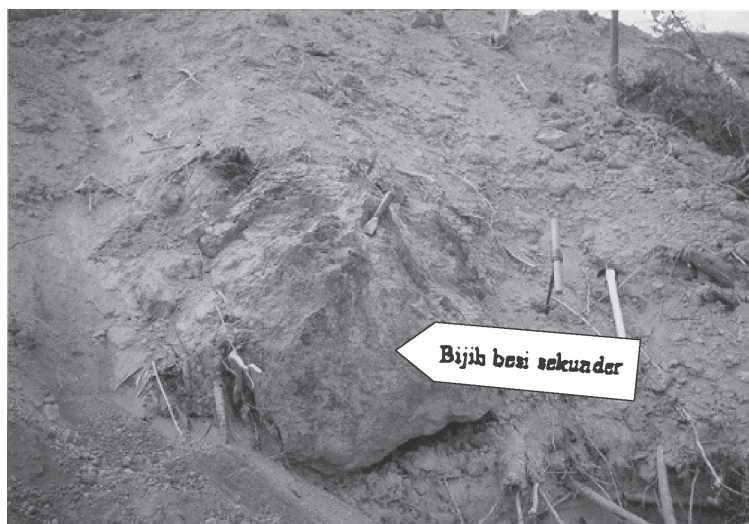
tersebut menunjukkan jasad bijih besi telah mengalami daya atau tekanan selepas perejahan magma berlaku. Sempadan di antara rejahan magma kaya besi dengan batuan sekitar tidak begitu ketara.

Pemineralan sekunder bijih besi di Ladang Toh Pawang terdiri daripada bongkah-bongkah besi yang banyak tertabur dalam tanah syal (Rajah 2). Saiznya antara 1m hingga 2m dan berwarna coklat gelap hingga hitam. Hablur mineral dalam bongkah bijih besi tidak dapat dilihat dengan jelas. Ia dikelilingi oleh goetit (oksida besi berwarna coklat kemerahan) dan limonit (oksida besi berwarna coklat kekuningan). Permukaan bongkah diselaputi oleh endapan besi oksida berbentuk gugusan dan berongga. Taburan bijih besi sekunder merupakan longgokan bijih besi yang dominan di kawasan kajian.

Kepekatan dan taburan unsur-unsur surih di dalam bijih besi perlu diketahui kerana unsur-unsur tersebut boleh terbebas dan tersebar ke alam sekitar sewaktu aktiviti



RAJAH 1. Jasad bijih besi primer di Ladang Toh Pawang, Kedah



RAJAH 2. Bongkah bijih besi sekunder di Ladang Toh Pawang, Kedah

perlombongan dan penulenan bijih besi dijalankan. Sekiranya kepekannya tinggi, ia boleh mencemarkan alam sekitar dan memudaratkan kesihatan. Kajian ini bertujuan untuk menentukan kepekatan Pb, Cr dan Cu serta taburannya di kedua-dua jenis bijih besi di Ladang Toh Pawang.

#### BAHAN DAN KAEDAH

Sebanyak 7 sampel bijih besi primer dan 4 bijih besi sekunder telah diambil secara rawak di kawasan kajian. Kandungan unsur major serta kepekatan Pb, Cr dan Cu ditentukan daripada bijih besi tersebut menggunakan teknik pendarflour sinar-X (XRF) mengikut kaedah Norrish & Hutton (1969). Penentuan kandungan mineral ditentukan secara cerapan mikroskopi terhadap irisan gilap dan analisis belauan sinar-X pada beberapa sampel terpilih. Taburan unsur Si, Al dan O dalam sampel turut ditentukan menggunakan kaedah mikropencerakin penduga elektron (EPMA).

#### KEPUTUSAN

##### KANDUNGAN MINERAL

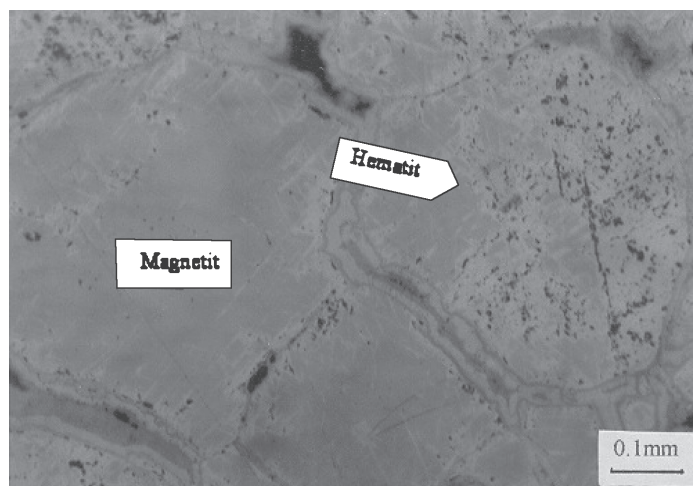
Secara keseluruhan, mineral utama yang terkandung di dalam bijih besi primer dan sekunder terdiri daripada hematit (75%-85%), magnetit (0-20%) dan matriks (<5%-10%) iaitu seperti yang ditunjukkan oleh Jadual 1.

Cerapan mikroskopi menunjukkan sampel bijih primer (HaA) berbutir halus (0.5 mm- 1.0 mm) dan terdiri daripada hematit (75%), magnetit (20%) dan matriks (<5%). Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) berbentuk euhedron hingga subhedron dan berwarna kelabu (Rajah 3). Magnetit didapati sedang berubah menjadi martit dan hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dari luar ke tengah butiran mineral. Perubahan di sepanjang satah hablur seperti yang ditunjukkan oleh mineral ini menghasilkan struktur boxwork magnetit.

Pemendakan sekunder besi oksida kelihatan di sekeliling butiran magnetit dan berbentuk anhedron. Kehadiran pemendakan ini menunjukkan berlaku pelarutan

JADUAL 1. Anggaran komposisi mineral di dalam bijih besi di Ladang Toh Pawang, Kedah

Sampel	Bijih besi primer (%)				Bijih besi sekunder (%)	
	HaA	HaB	HaA2	HaA3	HaC	HaD
Magnetit	20	10	0	0	0	0
Hematit	75	80	80	75	85	80
Matriks	<5	5-10	20	25	10	15
Jumlah	100	100	100	100	100	100



RAJAH 3. Mineral magnetit dan hematit di dalam sampel bijih besi primer (HaA)

Fe dan pemendapan semula unsur tersebut dalam bijih besi. Apabila jasad bijih terdedah ke permukaan bumi, ion Fe daripada magnetit akan terlarut lalu diendapkan semula di celah-celah butiran mineral magnetit di sekitarnya. Hasil analisis XRD menunjukkan kandungan mineral di dalam bijih besi tersebut terdiri daripada hematit, magnetit dan goetit. Berdasarkan bentuk dan hasil analisis XRD, pemendakan sekunder ini terdiri daripada goetit dan limonit.

Bahagian sempadan bijih besi primer dengan batuan sekitar ditunjukkan oleh Rajah 4. Keseluruhan mineral di dalam bijih besi tersebut (HaA2 dan HaA3) telah bertukar menjadi hematit. Kandungan matriks di dalam kedua-dua sampel di bahagian ini lebih tinggi berbanding dengan bahagian tengah jasad bijih besi primer iaitu ber julat 20%-25%. Terdapat pengaruh batuan sekitar dalam sampel ini iaitu ditunjukkan oleh kehadiran campuran goetit dan limonit, mineral lempung serta butiran kuarza anhedron di dalam sampel (Rajah 4).

Hampir keseluruhan sampel bijih besi sekunder terdiri daripada mineral hematit (85%) dan goetit (15%). Cerapan mikroskopi sampel HaC menunjukkan sebutir mineral hematit yang terluluhawa dikelilingi oleh bilah-bilah mineral hematit yang lain (Rajah 5). Bilah-bilah tersebut terenap di sekeliling butiran asal hematit lalu membentuk agregat mineral hematit yang lebih besar. Pada sampel yang sama, terdapat tekstur menjejari mineral goetit yang berkembang baik lalu membentuk gugusan (Rajah 6). Ini ditunjukkan oleh keputusan XRD yang mendapati bijih besi

sekunder mengandungi mineral hematit (besi oksida) dan goetit (besi hidroksida).

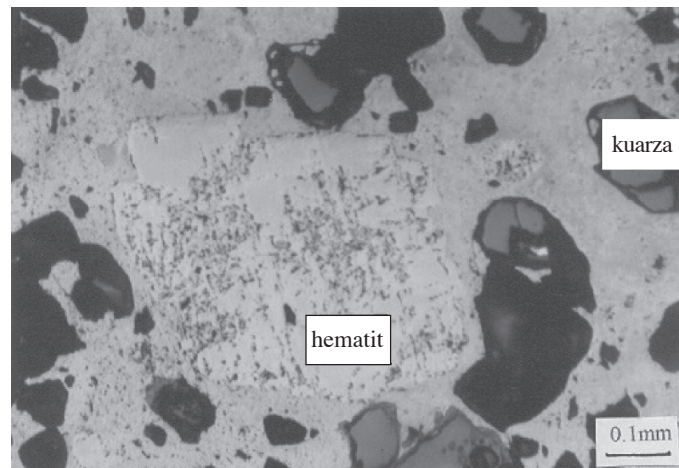
Bean (1969) dan The Japanese Iron Ore Survey Mission to Malaya (1960) mentafsirkan bijih besi sekunder di Ladang Toh Pawang terbentuk daripada pengayaan besi akibat luluhawa batuan. Sumber Fe dikatakan berpunca daripada jasad bijih besi primer dan batuan syal kaya besi (ferrugeneous shale) di kawasan tersebut. Taburan hujan yang tinggi di kawasan kajian, iaitu melebihi 2000 ml setahun (Perkhidmatan Kajicua Malaysia 1997) menggalakkan pelarutan magnetit dan hematit serta pemendakan semula hematit dan pembentukan goetit di kawasan kajian. Finkl (1984) menamakan bijih besi sebegini sebagai *exotic oxides*.

#### UNSUR MAJOR

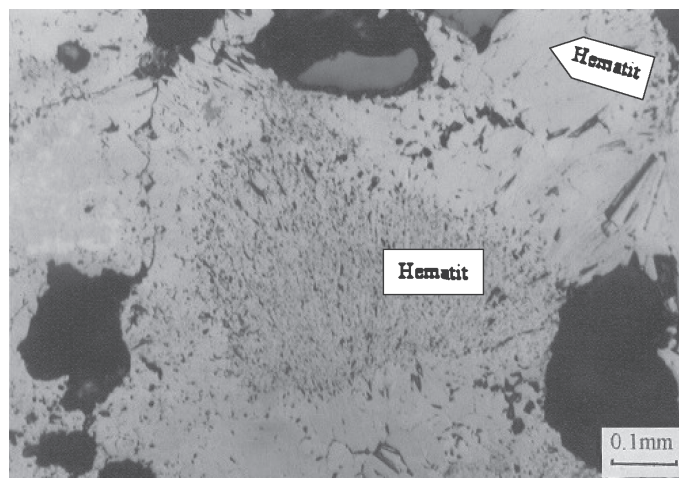
Kandungan unsur major dalam bijih besi primer dan sekunder di Ladang Toh Pawang ditunjukkan oleh Jadual 2. Secara keseluruhan, bijih besi primer dan sekunder di kawasan kajian mengandungi peratusan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang tinggi iaitu melebihi 90%. Unsur-unsur major lain hadir dalam jumlah yang lebih kecil iaitu kurang daripada 2%.

Peratusan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam bijih besi primer ber julat 91.94-93.48%. Hasil analisis EPMA menunjukkan unsur Fe tertumpu di dalam butiran mineral magnetit dan hematit. Kepekatan Fe yang lebih rendah tertabur dalam pemendakan sekunder Fe di sekeliling butiran mineral tersebut.





RAJAH 4. Mineral hematit dan kuarza di bahagian sempadan bijih besi primer dengan batuan sekitar (HaA3)



RAJAH 5. Mineral hematit diselaputi oleh bilah-bilah mineral hematit dalam bijih besi sekunder (HaC)



RAJAH 6. Gugusan mineral goetit dalam sampel bijih besi sekunder (HaC)

Unsur-unsur major lain seperti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  dan  $\text{P}_2\text{O}_5$  di dalam bijih besi primer agak rendah. Hasil analisis EPMA menunjukkan unsur Mn tertabur di dalam mineral magnetit dan hematit. Unsur-unsur Si, Al dan O pula tertabur di bahagian pemendakan

sekunder, iaitu di antara butiran mineral primer. Taburannya menunjukkan bahawa ion Fe yang terlarut daripada mineral telah bergabung dengan Si, Al dan O lalu dikenakan semula di sekeliling butiran magnetit dan hematit.

JADUAL 2. Peratus unsur major di dalam bijih besi primer dan sekunder di Ladang Toh Pawang, Kedah

Unsur major	Bijih besi primer (%)					Bijih besi sekunder (%)					
	HaA	HaA1	HaB	BB8	BB10	HaA2	HaA3	HaC	HaD	BB6	BB6D
SiO <sub>2</sub>	0.53	0.54	0.69	0.52	0.53	1.40	1.50	1.50	1.67	1.53	1.55
TiO <sub>2</sub>	0.06	0.06	0.18	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.45	0.42	0.49	0.43	0.43	0.73	0.70	0.72	0.76	0.75	0.75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	93.32	93.48	91.94	93.35	93.47	92.45	91.20	93.84	93.27	93.35	93.70
MnO	0.41	0.35	0.42	0.40	0.32	1.35	1.50	1.26	1.31	1.30	1.27
MgO	0.73	0.68	0.58	0.72	0.70	0.34	0.31	0.52	0.49	0.54	0.51
CaO	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Na <sub>2</sub> O	1.10	1.15	1.21	1.11	1.13	0.95	1.00	0.10	0.13	0.11	0.12
K <sub>2</sub> O	0.05	0.05	bdl	0.05	0.05	0.02	0.01	bdl	bdl	bdl	bdl
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.08	0.04	0.07	0.08	0.10	0.09	0.15	0.15	0.16	0.14
LOI	3.41	3.46	4.19	3.52	3.56	3.21	3.63	2.19	2.31	2.24	2.41
JUM	100.17	100.31	99.76	100.21	100.37	100.62	100.00	100.34	100.15	100.04	100.51

bdl = di bawah had pengesanan

Peratusan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> di dalam bijih besi primer yang bersempadan dengan batuan sekitar tidak banyak berbeza iaitu ber julat 91.20-92.45%. Taburan unsur Fe di dalam jasad bijih besi juga sama. Walau bagaimanapun, terdapat peningkatan beberapa unsur major dalam bijih besi di bahagian tersebut iaitu SiO<sub>2</sub>, MnO dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang mana masing-masing ber julat 1.40-1.50%, 1.35-1.50% dan 0.70-0.73%. Hasil analisis EPMA menunjukkan unsur Si tertumpu di dalam butiran kuarza manakala unsur Mn tertabur di dalam mineral hematit dan matriks. Taburan Al kelihatan tidak sekata. Keputusan ini menunjukkan terdapat percampuran antara unsur-unsur major di dalam bijih besi primer dengan batuan syal di sekitarnya.

Bijih besi sekunder mengandungi julat peratusan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebanyak 93.27-93.84%. Unsur Fe tertumpu di dalam butiran hematit. Taburannya di dalam matriks juga lebih tinggi berbanding bijih besi primer. Peratusan SiO<sub>2</sub>, MnO dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam bijih besi sekunder didapati lebih tinggi berbanding bijih besi primer iaitu masing-masing ber julat 1.50-1.67%, 1.26-1.31% dan 0.72-0.76%. Hasil analisis EPMA terhadap sampel HaC menunjukkan Si, Al dan O tertumpu di bahagian matriks. Unsur Mn didapati lebih cenderung berada di dalam butiran hematit berbanding dengan matriks. Keputusan ini menjelaskan bahawa kandungan unsur-unsur major dalam bijih besi sekunder dipengaruhi oleh batuan sekitar. Kandungan Si

dan Al dikatakan berpunca daripada batuan sekitar kerana peratusannya lebih kecil di dalam bijih besi primer. Apabila unsur-unsur tersebut terlarut daripada batuan sekitar, ia turut terenalap bersama-sama dengan Fe oksida dan hidroksida semasa proses pembentukan bijih besi sekunder.

Kandungan Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O dan CaO dalam bijih besi sekunder didapati lebih rendah berbanding dengan bijih besi primer iaitu masing-masing sebanyak 0.10-0.12%, di bawah had pengesanan dan 0.01%. Unsur-unsur major tersebut merupakan unsur yang mudah terlarut lesap. Kepekatananya amat rendah di dalam bijih besi sekunder kerana bijih besi tersebut terbentuk daripada hasil luluhawa batuan yang mana unsur-unsur tersebut telah melarut lesap sewaktu proses pembentukan bijih besi berlaku.

#### PLUMBUM

Kepekatan Pb di dalam bijih besi primer sangat rendah iaitu di bawah had pengesanan (Jadual 3). Kepekatananya di dalam bijih besi yang bersempadan dengan batuan sekitar juga tidak dapat dikesan. Dalam bijih besi sekunder, kepekatananya agak kecil iaitu ber julat 3-7 µg/g. Keputusan ini menunjukkan bijih besi primer tidak mengandungi Pb. Kepekatananya meningkat sedikit di dalam bijih besi sekunder. Ion Pb mungkin dijerap oleh Fe oksida dan hidroksida sewaktu pembentukan bijih besi tersebut.

JADUAL 3. Kepekatan logam berat di dalam bijih besi primer dan sekunder di Ladang Toh Pawang, Kedah

Unsur major	Bijih besi primer (µg/g)					Bijih besi sekunder (µg/g)					
	HaA	HaA1	HaB	BB8	BB10	HaA2	HaA3	HaC	HaD	BB6	BB6D
Pb	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	3	3	7	4
Cr	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	30	27	121	137	151	148
Cu	65	60	93	65	70	249	242	38	60	54	55

Finkl (1984) menyatakan logam Pb daripada batuan sekitar yang terlarut akibat luluhawa boleh dimendakkan semula bersama-sama dengan oksida eksotik. Kajian oleh Xie dan Dunlop (1998) membuktikan Pb mampu termendak bersama-sama dengan bahan kaya besi (*ferruginous material*) seperti goetit, hematit dan maghemit. Kajian oleh Cairns et al. (2001) pula menunjukkan Pb cenderung untuk berasosiasi dengan goetit dan limonit. Kecenderungan Pb untuk berasosiasi dengan bahan kaya besi di Ladang Toh Pawang menyebabkan kepekatan Pb lebih tinggi di dalam bijih besi sekunder berbanding bijih besi primer.

#### KROMIUM

Kepekatan Cr di dalam bijih besi primer juga sangat rendah iaitu di bawah had pengesanan (Jadual 3). Kepekatan Pb meningkat di bahagian bijih besi primer yang bersempadan dengan batuan sekitar iaitu berjangka 27-30 µg/g. Peningkatan ini menunjukkan terdapat pengaruh batuan sekitar terhadap pengayaan Cr di dalam bijih besi primer iaitu penghijrahan unsur Cr daripada batuan sekitar kepada bijih besi. Ion Cr terlarut daripada batuan sekitar cenderung untuk terperap pada bahan silika, mineral lempung dan Fe oksida di dalam matriks.

Kepekatan Cr didapati paling tinggi dalam bijih besi sekunder iaitu berjangka 121-151 µg/g. Ini kerana bijih besi sekunder terhasil daripada luluhawa batuan syal di kawasan tersebut. Seperti mana Pb, ion Cr yang terlarut daripada batuan akibat luluhawa cenderung untuk dijerap dan berasosiasi dengan Fe oksida dan hidroksida sewaktu pembentukan bijih besi tersebut.

#### KUPRUM

Bijih besi primer mengandungi kepekatan Cu yang lebih tinggi sedikit berbanding dengan bijih besi sekunder iaitu masing-masing berjangka 60-249 µg/g dan 38-60 µg/g (Jadual 3). Keputusan ini menunjukkan terdapat surihan Cu di dalam bijih besi primer. Laporan oleh Bean (1969) dan Burton (1988) masing-masing menyatakan bijih besi di Ladang Toh Pawang mengandungi ketidaktulenan Cu sebanyak 0.004% dan 0.001%. Kesan rejahan bijih besi primer di dalam batuan sekitar menyebabkan berlakunya pemekatan unsur Cu di bahagian sempadan bijih besi primer dengan batuan sekitar. Kepekatan Cu di dalam bijih besi sekunder hampir sama dengan bijih besi primer. Sumber Cu juga dipercayai berasal daripada batuan syal kaya besi di kawasan kajian.

#### KESIMPULAN

Kajian ini mendapati pemineralan bijih besi primer di Ladang Toh Pawang tidak menyumbang kepada taburan Pb dan Cr ke alam sekitar kerana kepekatan Pb sangat rendah. Cu pula hadir di dalam bijih besi tersebut sebagai surihan sewaktu jasad bijih merekah di kawasan kajian. Kepekatan Pb dan Cr di dalam bijih besi sekunder tinggi sedikit berbanding dengan bijih besi primer manakala kepekatan Cu hampir sama. Kaitannya dengan unsur-unsur seperti Si, Al dan O yang tertabur di bahagian matriks dan pemendakan sekunder menunjukkan ion Pb, Cr dan Cu daripada larutan air bawah tanah terenal bersama-sama dengan Fe oksida dan hidroksida. Batuan syal kaya besi Formasi Mahang berkemungkinan besar menjadi sumber Pb, Cr dan Cu di dalam bijih besi sekunder di kawasan kajian.

#### RUJUKAN

- Bean, J.H. 1969. The iron-ore deposits of West Malaysia. *Economic Bulletin 2*. West Malaysia: Geological Survey.
- Burton, C.K. 1988. The geology and mineral resources of the Bedong area, Kedah, West Malaysia. *Map Bulletin 7*. Ministry of Primary Industries Malaysia. Geological Survey of Malaysia.
- Cairns, C.J. McQueen, K.G. & Leah, P.A. 2001. Mineralogical controls on element dispersion in regolith over two mineralized shear zones near the Peak, Cobar, New South Wales. *Journal of Geochemical Exploration* 72: 1-21.
- Finkl, C.W. Jnr. 1984. *The encyclopedia of applied geology. Encyclopedia of earth sciences series*, volume XIII. Essex: Longman Scientific.
- Norrish, K. & Hutton, J.T. 1969. An accurate x-ray spectrographic method for the analysis of wide range of geological samples. *Geochim Cosmochim. Acta* 33: 431-453.
- Perkhidmatan Kajicuaca Malaysia. 1997. *Ringkasan tahunan pemerhatian kajicuaca 1997*.
- The Japanese Iron Ore Survey Mission to Malaya. 1960. Survey Report on Malayan Iron Mines (compiled). Translated by Embassy of the Federation of Malaya, Tokyo. Hlm. 214.
- Xie, J. & Dunlop, A.C. 1988. Dissolution rate of metals in Fe oxides: implications for sampling ferruginous materials with significant relict Fe oxides. *Journal of Geochemical Exploration* 61: 213-232.

Program Geologi  
Pusat Sains Sekitaran dan Sumber Alam  
Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 UKM Bangi, Selangor D.E.  
Malaysia

Diserahkan: 3 September 2006  
Diterima : 23 April 2007